FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1920 — N° —

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

H. CHAUSSIER

Né le 23 août 1890, à Hortes (Haute-Marne)

ÉTUDE COMPARATIVE

DES

Procédés de stérilisation de l'eau

EMPLOYÉS AUX ARMÉES

Président : M. Léon BESNARD, *professeur*

A. MALOINE & FILS, ÉDITEURS

27 — RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE — 27

PARIS 1920

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

LE DOYEN : M. ROGER
ASSESSEUR : G. POUCHET

PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	NICOLAS
Anatomie médico-chirurgicale	CUNEO
Physiologie	CH. RICHET
Physique médicale	WEISS
Chimie organique et Chimie générale	DESGREZ
Bactériologie	BEZANÇON
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BRUMPT
Pathologie et Thérapeutique générales	N...
Pathologie médicale	VAQUEZ
Pathologie chirurgicale	GOSSET
Anatomie pathologique	LETULLE
Histologie	PRENANT
Opérations et appareils	DUVAL
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET
Thérapeutique	P. CARNOT
Hygiène	LÉON BERNARD
Médecine légale	BALTHAZARD
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MENETRIER
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER
Clinique médicale	ACHARD WIDAL GILBERT CHAUFFARD
Hygiène et clinique de la 1re enfance	MARFAN
Clinique des maladies des enfants	HUTINEL
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	DUPRÉ
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME
Clinique des maladies du système nerveux	PIERRE MARIE
Clinique des maladies contagieuses	TEISSIER
Clinique chirurgicale	DELBET QUENU LEJARS HARTMANN
Clinique ophtalmologique	DE LAPERSONNE
Clinique des maladies des voies urinaires	LEGUEU
Clinique d'accouchements	BAR COUVELAIRE N.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE
Clinique chirurgicale infantile	BROCA
Clinique thérapeutique	ALBERT ROBIN
Clinique oto-rhino-laryngologie	SEBILEAU

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ALGLAVE	GUILLAIN	LOEPER	ROUSSY
BRANCA	LABBE (H.)	MOCQUOT	ROUVIERE
CAMUS	LAIGNEL-LAVASTINE	MULON	SCHWARTZ(A.)
CASTAIGNE	LANGLOIS	NOBECOURT	SICARD
CHAMPY	LECENE	OKINCZYC	TANON
CHEVASSU	LEMIERRE	OMBREDANNE	TERRIEN
DESMAREST	LENORMANT	RATHERY	TIFFENEAU
GOUGEROT	LEQUEUX	RETTERER	VILLARET
GREGOIRE	LEREBOULLET	RIBIERRE	ZIMMERN
GUENIOT	LERI	RICHAUD	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A LA MÉMOIRE DE MA MARRAINE
Mme KAUFFMANN

A MA MÈRE, A MA SŒUR

MEIS ET AMICIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur Léon BESNARD

Membre de l'Académie de Médecine

A Monsieur le Professeur agrégé TANON

Qui nous a donné l'idée de ce travail, et qui nous a guidé dans sa rédaction. Nous lui adressons ici nos bien vifs remerciements.

ÉTUDE COMPARATIVE

DES

Procédés de stérilisation de l'eau

EMPLOYÉS AUX ARMÉES

INTRODUCTION

La question de l'eau potable a été de tout temps une des grandes préoccupations des peuples ; les auteurs les plus anciens donnent déjà des indications à ce point de vue. Hippocrate recommandait de boire de l'eau de pluie bouillie.

Les Romains attachaient une grande importance au choix de l'eau d'alimentation ; elle devait être douce, exempte de dureté, afin « d'entretenir les intestins dans un état propice ». Cette préoccupation du choix d'une eau douce et déminéralisée, les a guidés constamment pour établir leurs canalisations.

En temps de guerre, les généraux romains, avant de décider du choix de l'emplacement d'un camp, s'assuraient de ces qualités de l'eau destinée à l'alimentation des troupes.

Les historiens latins font quelquefois allusion à une certaine « épreuve du vin sur l'eau », pour différencier les eaux douces, des eaux dures, mais ne donnent aucun détail sur l'exécution de la méthode.

Hippocrate, dans son *Traité des airs, des eaux et des lieux*, spécifie que l'eau douce se distingue de l'eau dure et indigeste, en ce qu'elle est colorée par de petites quantités de vin rouge. Si l'on ajoute avec précaution de très petites quantités de vin rouge à l'eau, on remarque que la décoloration du vin est d'autant plus complète que l'eau renferme plus de sels alcalins, celle-ci se colore par conséquent plus rapidement en leur absence. Après quelques tâtonnements on arrive à un procédé pratique, qui consiste à faire tomber goutte à goutte le vin rouge, dans une quantité d'eau déterminée, contenue dans un récipient à fond blanc; on compte le nombre de gouttes nécessaires pour amener la coloration rouge de l'eau.

Joubert dans son *Traité des Eaux*, au XIIe siècle, indique le procédé suivant pour s'assurer de la légèreté d'une eau : « Il faut prendre une pièce de bois « ronde et la mettre dans diverses eaux séparées, à « sçavoir, de puits, de fontaine, de citerne, de rivière, « et vous verrez qu'elle ira plus tost au fonds en « celle qui sera plus nette et plus légère. » Il résume ainsi les qualités d'une eau potable : « De ce qui dit « est, l'on peut recueillir qu'une eau est louée pour « très bonne, qui ne tient d'aucune qualité acquise, « en laquelle un rouleau de bois plongé descend

« promptement au fond, qui est légère au poids, qui « est tost chaude et tost se refroidit, dans laquelle « toutes choses se cuisent aisément, qui ne chargent « point les hypochondres, et quand on voit le peuple « qui en boit avoir bonne couleur. »

Pour apprécier une eau, les anciens médecins se basaient sur l'odeur, la transparence et la convenance pour la cuisson des aliments ; ces données étaient insuffisantes. Au XVIIIe siècle on se basait surtout sur l'apparence, comme en témoigne Franklin dans son étude sur l'hygiène dans *la Vie privée d'autrefois*.

La manière dont le vin était coloré servait quelquefois d'indication, mais cette dernière manière de faire avait surtout pour point de départ une observation faite sur des eaux alcalines, probablement indigestes. Somme toute il n'y a rien de précis à mentionner ; il n'y avait autrefois, ni procédé chimique, ni procédé mécanique permettant de distinguer une eau bonne d'une eau mauvaise et il nous faut arriver au XIXe siècle pour trouver des indications sur ce point.

Ce fait se comprend d'ailleurs aisément. La chimie n'était pas encore bien avancée, et en tous cas, peu orientée vers les questions pratiques ; issue de l'alchimie, la chimie du XVIIIe siècle était encore spéculative. D'autre part la microbiologie était inconnue et toute contagion était rapportée aux miasmes, particules issues du sol, considérés comme capables de propager des maladies. Or les miasmes ou les

émanations étaient reconnaissables à leur odeur. Un air pur, était un air bon pour la santé, mais un air putride ou chargé de miasmes était dangereux. Les mêmes données étaient appliquées à l'eau, une eau pure, en apparence, devait être bonne à boire. La plupart des accidents déterminés par son ingestion étaient attribués à la quantité ou à la qualité des sels tenus en dissolution, ce qui fit longtemps considérer même au cours du XIXe siècle, qu'une eau de degré hydrotimétrique élevé, était une eau mauvaise pour la santé. Actuellement le degré hydrotimétrique sert surtout d'indication pour la cuisson des légumes et le savonnage, mais non pas d'indication pour la qualité alimentaire.

D'ailleurs il faut reconnaître que même en l'absence d'analyse, le sens clinique et la sagacité des médecins, en particulier des médecins des armées, avaient toujours fait suspecter les eaux dans les cas d'épidémies. Kelsch, dans son *Traité des maladies épidémiques* rapporte qu'à la fin du XVIIIe siècle, Read, médecin du régiment de Béarn à Metz, imputait aux eaux d'un puits pollnées par des matières fécales, des épidémies de dysenterie et de fièvre putride. Sur ses instances le marquis d'Armentières fit fermer le puits, et l'épidémie s'arrêta. Les exemples pourraient être multipliés ils montreraient que ce sont les médecins des armées qui ont le plus veillé à la qualité des eaux potables.

D'ailleurs c'est à la suite de la vigoureuse campagne entreprise par le service de santé, pour

l'amélioration du régime des eaux de consommation que la mortalité, par fièvre typhoïde, qui était dans l'armée de 29 sur 10.000 en 1872 est tombée à 15,6 en 1889. La diminution a été plus lente mais parallèle dans la population civile.

Nous nous proposons d'étudier en nous basant sur les observations que nous avons pu faire par nous-même, ou qui nous ont été communiquées, les différents procédés de stérilisation de l'eau qui ont été employés aux armées, pendant la dernière guerre. Comme médecin de bataillon il nous a été donné de nous rendre compte de l'importance de l'analyse des eaux et de la nécessité de leur purification, dans des agglomérations immenses, soumises à toutes les vicissitudes et à toutes les causes de contagion. Les questions d'hygiène, semblaient peu intéresser la masse ; or si la question des eaux potables paraît peu importante, pour des hommes qui un ou deux jours, plus tard, peuvent être tués, elle n'intéresse pas moins la collectivité, et prend d'autant plus d'importance, quand il s'agit du choix d'un procédé, qu'il existait une véritable prévention contre tout ce qui était eau stérilisée.

Il est remarquable, en effet de voir, qu'alors que les conditions d'hygiène étaient, par la force des choses, quelquefois déplorables, les troupes semblaient ne rien vouloir faire pour les améliorer, et même dédaigner les précautions les plus simples et les plus élémentaires.

En ce qui concerne l'eau, son épuration avait fait depuis longtemps l'objet des préoccupations du commandement, préoccupations d'autant plus grandes, qu'au début l'épidémie de fièvre typhoïde attira l'attention sur la nécessité absolue de stériliser l'eau.

Nous limitant comme nous l'avons dit au milieu militaire des armées, nous étudierons seulement les procédés qui ont été recommandés auxquels nous avons pu nous-même collaborer ou que nous avons vu mettre en œuvre.

Ces procédés comportent :

a) L'ébullition.

b) L'épuration au permanganate, à l'iode, à l'hypochlorite de chaux.

c) La javellisation.

d) La chloration.

Mais auparavant nous exposerons les procédés d'analyse les plus employés pendant la guerre et nous examinerons ensuite les procédés d'épuration que nous venons d'indiquer.

I

PROCÉDÉS D'ANALYSES DE L'EAU

Pour être complète l'analyse d'une eau doit être faite au point de vue chimique et au point de vue bactériologique ; ces deux études se complètent, mais ne peuvent en aucun cas se suppléer. Elles ont toutes deux une grande importance au point de vue hygiénique, la première plus encore que la seconde à cause des conséquences beaucoup plus graves qui peuvent résulter dans l'introduction de l'organisme d'un contage vivant.

Analyse chimique

L'analyse chimique donne le régime minéral et organique d'une eau. Aux armées cet examen était fait par les pharmaciens des groupes de brancardiers sous le contrôle du chimiste du laboratoire d'armée. A cet effet le service de santé avait créé une sacoche d'analyses rapides, avec des réactifs en ampoules ; il était ainsi facile de faire, sur place, la recherche de

l'ammoniaque, des nitrites, des matières organiques, etc... Cette première recherche donnait déjà une appréciation sommaire sur la qualité de l'eau, elle renseignait sur la composition minérale proprement dite, l'abondance excessive de certains sels qui pouvaient avoir des inconvénients au point de vue hygiénique, et qui étaient de nature à rendre l'eau peu agréable à boire ou peu propre aux usages culinaires. D'autre part les recherches chimiques fournissaient des indications sur la pureté ou la souillure de l'eau, d'après la présence et la proportion de certains éléments compatibles ou non avec l'origine géologique de l'eau.

Ces analyses suffisantes lorsqu'on ne faisait que passer dans un lieu, permettaient de boire une eau, avec quelques garanties, mais ne prémunissaient pas contre les souillures accidentelles et passagères. L'examen chimique, du reste, ne donnait qu'une appréciation générale sur le régime d'une source ou d'une captation, et ne pouvait pas suffire, lorsqu'il s'agissait d'en faire un point d'eau destinée à l'alimentation des troupes. Elle devait être complétée par l'analyse bactériologique.

Analyse bactériologique

Le but de l'analyse bactériologique est de satisfaire aux deux conditions suivantes :

1° Evaluer le nombre de bactéries qui se trouvent dans une eau donnée, c'est l'analyse quantitative :

2° Reconnaître parmi les espèces obtenues par la manière de faire précédente, s'il s'en trouve parmi elles de nuisibles ou de suspectes ; cette dernière doit être l'objet où tendront tous les efforts du bactériologiste.

Analyse quantitative. — a) *Examen microspique.* — L'examen direct ne peut donner aucun résultat au point de vue bactériologique proprement dit. Il ne permet que de retrouver des protozoaires, des œufs de vers.

b) *Procédé de Miquel.* — Cette méthode utilise le « fractionnement dans le bouillon », basée sur la dilution de l'eau à analyser, dans un volume connu d'eau stérilisée pou. arriver à n'ensemencer qu'un seul microbe, en faisant tomber une grosse goutte du mélange dans chaque ballon de bouillon.

La dilution de l'eau se fait dans des matras Pasteur à fond plat d'une capacité variant de 30 centimètres cubes à 2 litres, qui sont à moitié remplis d'un volume connu d'eau distillée ; on ajoute le volume de l'eau à analyser et on agite vivement, on prélève le mélange avec des pipettes jaugées et stérilisées donnant à peu près 20 gouttes au gramme, La distribution se fait dans 36 ballons de bouillon, à la dose de une goutte dans 18 ballons et de deux gouttes dans les 18 autres ; on ensemence de même 36 ballons avec des doses d'une dilution deux fois plus forte. Ces ballons sont mis à l'étuve à 35 pendant quinze jours, on compte alors les ballons troubles et l'on fait la numération.

Pour que l'analyse soit bonne, c'est-à-dire pour que selon toute probabilité la goutte ensemencée ne contienne qu'un seul microbe il ne faut pas plus de 30 ballons troubles sur 100, s'il y en a davantage, la dilution est trop faible.

Supposons que 54 gouttes d'eau aient été ensemencées dans 36 ballons (18 avec une goutte, 18 avec 2 gouttes), les 54 gouttes valant 2 cmc. 7 et la dilution de l'eau étant au 1/1000. Si 10 ballons se sont troublés, on en concluera que 54 gouttes renferment 10 microbes, une simple règle de trois permettra de calculer le nombre de microbes par litre.

Les résultats donnés par Miquel sont les suivants :

Eau excessivement pure..	0	à	10
Eau très pure.....	10	à	100
Eau pure.....	100	à	1 000
Eau médiocre.....	1.000	à	10.000
Eau impure.....	10.000	à	100.000
Eau très impure.....	100.000	et au-dessus	

Le gros inconvénient de ce procédé est qu'il exige une grande installation et demande une manière de faire compliquée, aussi, aux armées lui préférait-on le procédé de la culture sur plaques, plus simple et plus pratique.

c) *Cultures sur plaques de gélatine.* — On emploie le procédé de cultures sur plaques ensemencées liquides. On met dans chaque tube de gélatine, une quantité connue de l'eau à analyser, plus ou moins diluée selon les cas. Le nombre de colonies dévelop-

pées donnera le nombre de microbes contenus dans la goutte d'eau ensemencée. On opère de la manière suivante :

On ensemence trois tubes de gélatine fondue ; dans le premier on verse une goutte d'eau et on agite ; on porte une goutte de ce premier tube dans le second, et ensuite une goutte du second dans le troisième, puis on les coule dans des boîtes de Pietri. On peut noter par des points à l'encre sur la face inférieure du fond de la boîte, les colonies qui apparaissent ; on peut aussi décalquer le fond sur des ronds de papier, où on dessine jour par jour les colonies à mesure de leur production. Ces colonies n'apparaissent que douze à treize jours après l'ensemencement. Un inconvénient sérieux des cultures sur plaques des microbes des eaux, réside dans le grand nombre de colonies liquéfiantes qui en quelques jours envahissent toute la plaque et mélangent toutes les colonies. On y remédie en se servant de gélatine-gélose.

Le grand avantage de la méthode des cultures sur milieux solides est de bien isoler chaque élément microbien qui donne une colonie séparée, la numération est ainsi plus exacte.

Analyse qualitative. — L'analyse quantitative ne suffit pas ; pour affirmer qu'une eau est bonne, il faut avoir recours à l'analyse qualitative, il est plus important en effet, de savoir le nom et le nombre des espèces microbiennes, contenues dans une eau, que de calculer le nombre des individus non déter-

minés qui la souillent, cette analyse qualitative est plus difficile.

Presque tous les microbes pathogènes peuvent se rencontrer dans les eaux, mais accidentellement ; seuls le bactérium-coli, le bacille d'Eberth et le bacille cholérique sont à déterminer. En pratique on ne recherche que le bactérium-coli ; c'est lui surtout qu'on doit avoir en vue parce qu'il est plus facile à cultiver que les autres, et parce que, comme il est l'hôte de l'intestin, sa présence dans l'eau indique une contamination fécale.

a) *Procédé de Vincent.* — Dans ce procédé, on se base uniquement sur la recherche du bactérium-coli qui présente certaines particularités biologiques intéressantes que l'on utilise pour sa recherche :

1° Résistance relative à l'acide phénique ;

2° Propriété de végéter à une assez haute température.

Vincent en associant la chaleur et l'acide phénique, a institué un procédé de recherche d'une grande commodité et d'une valeur pratique réelle.

Cette méthode a été recommandée par circulaire ministérielle aux différents laboratoires des armées. On peut dire qu'elle a été la méthode officielle et elle a en effet donné des résultats excellents.

La numération est faite différemment suivant le degré de souillure de l'eau. Si on a affaire à une eau très souillée, on prend une série de ballons contenant 10 centimètres cubes de bouillon et V gouttes d'une solution phéniquée à 5 o/o, on ensemence ces

ballons avec une goutte d'eau à des dilutions variées et on met à l'étuve à 42 degrés. Les ballons qui se troublent en vingt-quatre heures contiennent du bactérium-coli, on ne tient pas compte des ballons qui se troublent ensuite.

Si l'eau est peu souillée, il faut en ensemencer de grandes quantités, 10, 50, 100, 150 centimètres cubes et jusqu'à 1 litre. On ajoute à chaque ballon de bouillon XX gouttes d'une solution peptonée concentrée, et XX gouttes d'une solution phéniquée concentrée, par 10 centimètres cubes d'eau. On agite, on met à l'étuve et on examine au bout de vingt-quatre heures, les ballons troubles renferment du bactérium-coli ; on dit que l'eau renferme du coli à partir de 10, 50, 100 centimètres cubes, etc.

Pratiquement et dans les laboratoires d'armée, on ensemençait des tubes de 10 centimètres cubes de bouillon avec I goutte, V gouttes, X gouttes, 1 centimètre cube d'eau, et des ballons avec 50 et 100 centimètres cubes. Mais comme il aurait fallu une trop grande quantité de bouillon, on mettait 100 centimètres cubes de l'eau à examiner dans 5 centimètres cubes de bouillon concentré phénique qui transformait le liquide en un bouillon de culture.

Les quantités étaient mesurées avec des pipettes donnant XX gouttes au centimètre cube, ces différentes dilutions permettaient de calculer des quantités de coli-bacilles variant de 20.000 à 10 par litre, chaque tube étant supposé ne donner qu'un microbe. Si par exemple le tube ensemencé avec 1 centimètre

cube d'eau s'est troublé et que ceux ensemencés avec une quantité moindre soient restés clairs, on admettra qu'il existe un bactérium-coli par centimètre cube, ce qui donnera 1.000 au litre.

La différenciation de ce microbe est complétée ensuite par les réactions de mobilité, de Gram, de la gélose lactosée tournesolée, du rouge neutre, du bouillon carbonaté lactosé, de l'indol et de la gélatine.

Les résultats de l'analyse de l'eau étaient consignés sur le tableau du modèle ci-contre qui était remis au chef du cantonnement de qui dépendait le point d'eau.

A la suite de ses recherches Vincent apprécie ainsi une eau :

100 à 1000	bactérium-coli par	litre.....	Eau suspecte
50 à 100	—	—	Eau médiocre
10 à 50	—	—	Eau assez bonne
0 à 10	—	—	Eau pure

Aux armées étant donné les chances de contaminations accidentelles de la plupart des sources, il nous a paru qu'un chiffre de 50 bactérium-coli par litre ne permettrait pas de condamner une eau, mais incitait seulement à la surveiller, c'est-à-dire à refaire ultérieurement une analyse, tout en autorisant provisoirement son usage. Cette manière de faire n'a pas paru avoir d'inconvénients.

S'il est facile de comprendre la présence du bactérium-coli dans les eaux de surface, il est un ensemble

Numéro ____ SERVICE DE SANTÉ Secteur postal ____

Nos antérieurs

LABORATOIRE D'ARMÉE

ANALYSE D'EAU

Provenance _____

Analyse bactériologique

Date de la prise _____. Température à la prise _____

Remarques _____

Nombre de coli bacilles par litre _____

Nombre de germes par cm.c. _____

Particularités de la flore microbienne _____

Anaréobies par litre en dehors des espèces facultatives _____

Conclusion _____

Analyse chimique

Caractères généraux : limpidité _____ odeur _____

Titre hydrotimétrique total _____

Titre alcalimétrique Bonjean _____

Matière organique évaluée en O. cédé par Mno^4k en milieu alcalin, millig. _____ par litre _____

Azote ammoniacal en Azote _____

Azote albuminoïde (procédé Wanklyn et Chapmann en Azote) _____

Azote nitreur en N^2O^3 (nitrites) _____

Azote nitrique en N^2O^5 (nitrates) _____

Chlorures en Nacl _____

Le pharmacien-major,

Conclusion _____

Conclusions générales _____

Le médecin-chef du laboratoire,

d'eaux dans lesquelles sa présence est plus exceptionnelle, ce sont les eaux de profondeur. Lorsque ces dernières renferment ce microbe, c'est qu'elles ont été mal captées ou protégées insuffisamment contre les contaminations extérieures ; dans ce cas la souillure peut provenir de l'air, de parcelles de terre, de grenouilles, d'excréments d'oiseaux, d'animaux venant boire à la source, etc., mais ces contaminations sont toujours légères et fugaces et les eaux ainsi souillées, restent originellement pures.

D'ailleurs au point de vue bactériologique, il existe une assez grande variété de bactérium-coli. On trouve fréquemment à côté des races de coli donnant toutes les réactions caractéristiques des races de paracoli liquéfiant la gélatine, rougissant faiblement la gélose lactosée tournesolée, quelquefois ayant une action forte sur ce milieu et très faible sur le rouge neutre glucosé. L'injection faite à des cobayes de quelques-unes de ces espèces recueillies, n'a donné aucun résultat.

Quand l'infection de l'eau s'opère par le déversement direct ou indirect de matières fécales, le bactérium-coli provient de l'intestin de l'homme et se retrouve en grande quantité, tandis que dans les autres cas il n'existe qu'en faible proportion. La quantité de bactérium-coli contenus dans une eau est donc en rapport avec la nature de sa souillure ; par conséquent l'analyse bactériologique doit se préoccuper moins de la présence pure et simple de ce microbe que de son abondance plus ou moins

grande, qui expose à la coexistence du bacille typhoïdique ou du bacille dysentérique provenant soit de convalescents, soit de porteurs sains.

II

PROCÉDÉS DE STÉRILISATION DE L'EAU

Etudions maintenant les procédés de stérilisation de l'eau employés aux armées, d'abord les procédés de fortune (tisanes, iode, permanganate, etc.) qui ne sont pratiqués que pour des isolés ou des petits groupes, ensuite les procédés de stérilisation applicables aux agglomérations et parmi eux la javellisation et la chloration.

Procédés de fortune

a) **Chaleur.** — La chaleur est le procédé le plus sûr pour obtenir une stérilisation complète de l'eau à 70 degrés pendant dix minutes les microbes dépourvus de spores sont tués et à 100 degrés pendant le même temps, les microbes sporulés disparaissent. Les reproches adressés à l'eau bouillie d'avoir perdu une partie de sa minéralisation de ses gaz, d'être fade et lourde, n'ont pas une grosse valeur, car il suffit de lui restituer la fraîcheur pour la rendre

agréable, on a d'ailleurs la ressource de l'aromatiser avec du thé, du café, etc.

Au début de la guerre devant des épidémies régionales de diarrhées, les médecins, les commandants d'unité recommandaient aux hommes de boire de l'eau bouillie ; la stérilisation de l'eau se faisait soit par escouade où l'on se servait du marc de café pour aromatiser l'eau, soit aux cuisines où l'on faisait des distributions de thé. Le médecin était fréquemment chargé du contrôle de l'exécution de ces prescriptions et dans notre bataillon nous avons été à même de nous rendre compte, que les hommes acceptaient facilement ces mesures.

L'armée allemande possédait des voitures permettant la stérilisation de l'eau par la chaleur. L'eau après être passée sur un filtre arrivait dans une chaudière où elle était portée à l'ébullition ; puis après avoir circulé dans des échangeurs, l'eau stérilisée et refroidie était recueillie dans un réservoir d'où on la prenait pour l'alimentation. Ces voitures étaient très lourdes, peu mobiles, et ce procédé de stérilisation était coûteux.

b) **Permanganate de potasse.** — L'action du permanganate sur les matières organiques indiquait son emploi dans la stérilisation de l'eau.

Aux colonies on procède souvent de la façon suivante : on ajoute à un litre d'eau quelques gouttes d'une solution de permanganate qui se décolore sous l'influence des matières organiques ; on ajoute alors un léger excès de permanganate et on fait dispa-

raître la coloration avec quelques gouttes d'infusion végétale et un morceau de sucre.

Le procédé Lambert emploie les deux poudres suivantes :

Poudre oxydante :

Permanganate de potasse.....	0 gr. 60
Bioxyde de manganèse.....	0 gr. 50
Carbonate de chaux.....	0 gr. 20
Talc.....	3 gr. 70

Poudre réductrice :

Hyposulfite de soude.....	0 gr. 60
Talc.....	4 gr. 40

La poudre oxydante est mise en contact avec l'eau pendant une demi-heure, puis on ajoute la poudre réductrice ; au bout d'une dizaine de minutes l'eau qui était rose devient brunâtre ; on filtre sur un filtre quelconque, simplement pour séparer du liquide le précipité formé et l'on recueille une eau salubre sans aucune saveur. Ce mode de stérilisation de l'eau avait déjà été employé avant la guerre, par l'armée coloniale.

On a constaté que des doses de 2 à 4 centigrammes de permanganate par litre faisaient disparaître les microbes pathogènes. Le résultat des actions chimiques successives n'offre aucun danger au point de vue de la consommation, il n'en résulte que de faibles quantités de sulfate de soude.

Ce procédé, comme tous les procédés chimiques temporaires présente l'inconvénient de nécessiter l'emploi rapide de l'eau, faute de quoi les microbes

de l'air viennent rapidement souiller le milieu. En Argonne avec une eau stérilisée par le permanganate, le laboratoire d'armée a pu, au bout de vingt-quatre heures, retrouver un chiffre de 1.200.000 espèces, à la vérité banales. Ce chiffre sans indiquer un danger au point de vue fièvre typhoïde, indique néanmoins une souillure qui peut être dangereuse.

c) **Hypochlorite de chaux.** — Vincent et Gaillard ont proposé l'hypochlorite de chaux pour la stérilisation de l'eau. Leurs comprimés sont formés d'un mélange de 0 gr. 015 d'hypochlorite et de 0 gr. 08 de chlorure de sodium. Chaque comprimé renferme 0 gr. 035 de chlore actif, avec le temps cette proportion s'abaisse à 0 gr. 03, dose encore suffisante pour l'épuration d'un litre d'eau.

d) **Iode.** — La stérilisation de l'eau par l'iode à l'état naissant a été préconisée par le médecin inspecteur Vaillard. Les comprimés sont ainsi composés :

Comprimé bleu : Iodure de potassium 1 gramme. Iodate de soude 0 gr. 156.

Comprimé rouge : Acide tartrique 1 gramme.

Comprimé blanc : Hypochlorite de soude cristallisé 1 gr. 16.

Ils sont dosés pour opérer sur un litre d'eau.

On fait fondre simultanément dans un peu d'eau un comprimé bleu et un comprimé rouge : l'iode est mis en liberté et le liquide prend une teinte jaune brun ; on verse cette solution dans l'eau à épurer qui se colore aussitôt ; dix minutes après on décolore avec la pastille blanche.

L'effet stérilisant de ces comprimés est parfait, mais leur usage prolongé peut être à craindre, car l'eau traitée contient en fin de réaction de l'iodure de sodium.

Vergnoux a proposé une autre méthode par l'iode, on utilise une solution saturée d'hyposulfite de soude et une solution d'iode composée de iode 1 gramme, iodure de potassium 0 gr. 05, eau 1 gramme, alcool à 95 degrés 8 grammes. On ajoute à l'eau quelques gouttes de cette solution jusqu'à coloration légèrement brunâtre, on laisse en contact une demi-heure, ensuite on verse dans l'eau I à II gouttes de la solution d'hyposulfite qui fait disparaître la teinte jaune. En général V gouttes de la solution iodée suffisent pour stériliser un litre d'eau. On peut employer plus simplement la solution forte de Lugol, car la solution alcoolique donne fréquemment après réduction de l'iode un goût d'iodoforme.

Ce procédé est très bon, il permet par la teinte de contrôler la stérilisation ; on maintient la couleur pendant vingt minutes et on fait soi-même, avant de boire, la décoloration. Il donne une garantie complète et les examens faits par MM. Léger et Dumont au laboratoire de la Ve armée ont toujours donné des résultats satisfaisants.

Procédés applicables aux agglomérations

La Javellisation. — Le nom d'eau de Javel était autrefois réservé à la solution obtenue par l'action du chlore sur une lessive de potasse, et la liqueur de Labarraque résultait de l'action du chlore sur la lessive de soude, aujourd'hui on comprend sous le nom d'eau de Javel, l'une ou l'autre de ces solutions, et l'on emploie presque exclusivement l'hypochlorite de soude.

Quand on mélange de l'hypochlorite de soude à de l'eau, il se produit une mise en liberté de chlore, oxydant énergique, qui va détruire les matières organiques et tuer presque tous les germes contenus dans cette eau.

Cette réaction est basée sur le principe suivant : les hypochlorites se décomposent très facilement sous l'influence des acides les plus faibles. Donc si l'on ajoute une solution d'extrait de Javel, à une eau quelconque, l'anhydride carbonique dissous déterminera la décomposition de l'hypochlorite de soude, et donnera naissance à de l'acide hypochloreux peu stable, et à un carbonate neutre alcalin.

L'acide hypochloreux formé, se décomposera à son tour pour donner du chlore, de l'oxygène et de l'eau. Ce chlore, mis en liberté donne avec les matières organiques des chlorures, dont la présence

est sans inconvénient, le seul qui existe en quantité notable est du chlorure de sodium.

La Javellisation a été utilisée au début du xxe siècle, par l'Angleterre, le Canada, les Etats-Unis, à Paris, en 1911, les eaux de la Marne furent traitées, à l'usine de Saint-Maur par l'hypochlorite, puis les eaux de la Vanne, puis les eaux des bassins filtrants d'Ivry.

Marseille en 1911, lors de l'épidémie de choléra eut recours à la Javellisation pour stériliser ses eaux, de même qu'Avignon lors de l'épidémie de fièvre typhoïde en 1912.

Technique de la Javellisation.—La technique qui était admise est ainsi décrite par M. Dienert dans une note présentée au XVe Congrès international d'hygiène de Washington (1912). « Au moyen « d'un vase de Mariolle, ou par l'intermédiaire d'une « tourie, renfermant la solution d'hypochlorite, dont « on maintient le niveau constant, on verse d'une « façon continue et régulière la solution d'eau de « Javel dans l'eau suspecte, soit au moyen de chica- « nes, soit au moyen d'un barboteur mécanique, on « rend intime le mélange de l'eau et du réactif. La « dose d'hypochlorite à employer varie suivant la « composition chimique de l'eau, elle est pour les eaux « de source de 1 à 2 milligrammes de chlore par litre, « litre elle doit être de 3 à 4 milligrammes de chlore par « dans les eaux de rivières riches en matières organi- « ques, si on veut détruire, non seulement les coli- « bacilles mais encore la majorité des espèces banales « et ramener leur nombre à quelques unités. Le con-

« tact du chlore libre doit être au moins de trois « heures pour être efficace, après ce temps l'eau « renferme encore du chlore et possède une saveur « caractéristique de lessive. Quand l'eau traitée est « mélangée aussitôt à d'autres eaux non traitées et « non suspectes, le chlore disparaît par suite de la « présence des matières organiques, dans les eaux « non traitées, qui l'absorbent. Mais si ce mélange « est impossible, il faut éliminer l'excès de chlore « par une substance appropriée. Le corps le plus « simple et le plus facile à employer est le sulfite de « soude, qui se dissout assez rapidement dans l'eau « chaude. On peut encore employer l'hyposulfite de « soude, soit même des plaques d'aluminium plongées « dans l'eau, soit encore le sulfate ferreux, ce dernier « donnant à l'eau un léger louche d'oxyde de fer ».

Pendant la guerre la quantité de chlore utilisée a varié avec les eaux et avec la technique employée ; en août 1915, Bonjean dit qu'il faut 2 milligrammes de chlore par litre d'eau renfermant 1 milligramme de matières organiques et un traitement de 30 minutes au moins pour l'épuration. Les chiffres donnés par les hygiénistes varient entre 1 et 5 milligrammes ; mais il est à noter qu'ils dépendent surtout du degré de souillure des eaux, et que la question du choix d'une eau meilleure qu'une autre permet de javelliser à un plus faible degré. En 1916-1917, grâce aux points choisis par le service des eaux et contrôlés par les laboratoires d'armée, grâce aux captations soigneuses établies, la javellisation automatique put

être faite avec des doses de 0 millig. 6, dose suffisante pour stériliser des eaux renfermant jusqu'à 3 milligrammes de matières organiques par litre.

Comme nous l'avons dit, nous nous limiterons aux procédés employés aux armées, c'est-à-dire à la javellisation, système qui a été recommandé exclusivement comme étant le plus pratique et qui est devenu obligatoire en 1916 ; des postes de javellisation automatique furent établis en nombre variable, suivant les armées, suivant la densité des troupes et d'une manière générale, surtout répandus dans les zones du front qui servaient de cantonnements de repos : camps, villages, villes mêmes, où, lorsque les eaux de canalisation étaient reconnues mauvaises ; à Château-Thierry, par exemple, il y avait deux postes de javellisation, dont l'un établi sur la place de la mairie.

Nous étudierons d'abord la javellisation dans les tonneaux, les cuves et les voitures, puis la javellisation automatique avec les différents appareils employés et enfin la chloration.

Javellisation dans les tonneaux

La technique indiquée par les circulaires ministérielles, au début de la guerre, était la suivante : verser suivant la qualité de l'eau, une à deux gouttes d'extrait de Javel du commerce (qui renferme 80 à 90 gr. de chlore par litre) dans 10 litres d'eau, agiter

fortement et attendre une demi-heure, ensuite ajouter 2 à 3 gouttes d'une solution d'hypochlorite de soude au 1/10 ; l'eau de Javel donnant environ 20 gouttes au centimètre cube, 1 goutte d'extrait contient 4 milligrammes de chlore.

L'instruction du 12 juillet prescrit l'emploi de doses moindres de réactif, grâce auxquelles on peut se dispenser de la neutralisation, on emploie de 1 à 3 milligrammes par litre.

Aux cantonnements, il était recommandé de placer dans les points d'utilisation d'eau deux récipients, dans l'un, l'eau devait être en cours de javellisation, dans l'autre était l'eau déjà stérilisée.

Afin de remédier au goût prononcé de futaille qui fut constaté dans les tonneaux d'eau javellisée, on recommandait de les laisser debout, le fond supérieur enlevé et servant de couvercle, le nettoyage devenait ainsi plus facile. Le nettoyage à la brosse doit être proscrit, il vaut mieux rincer simplement les tonneaux à l'eau javellisée. Le brossage des tonneaux utilisés, généralement vieux et usagés, ayant pour effet de libérer les germes inclus entre les douves.

D'autre part, les parois des récipients subissent l'attaque de l'hypochlorite. Les métaux, le bois subissent une réduction des hypochlorites ; on comprend aisément que la javellisation dans des récipients réducteurs donne des résultats essentiellement variables et qu'elle peut obliger parfois à l'emploi de doses excessives. On a tenté de remédier à cet

inconvénient en paraffinant l'intérieur des cuves, ou en les asphaltinant.

Toutefois, la javellisation dans les tonneaux, malgré l'enduit protecteur mis à l'intérieur, n'a jamais donné de bons résultats. D'une part l'eau avait toujours le goût de bois, d'autre part, le chlore s'épuisait encore sur les parois et ne stérilisait pas l'eau. Les chiffres observés au laboratoire de la Ve armée que nous devons à l'obligeance de M. le Dr Tanon, donnent une quantité de bactérium-coli excessivement variables suivant les heures de la journée. Une eau par exemple, qui donnait 10 bactérium-coli au litre et 30.000 microbes après une heure de javellisation, donnait très bien lorsqu'elle était recueillie au bout de trois heures, dans un tonneau, exposé il est vrai au soleil, 50 coli et 100.000 espèces banales.

Ce fait peut être dû d'une part, à ce qu'il existe des variétés de bactérium-coli qui résistent au chlore comme le supposent MM. Mandoul et Gruat ; d'autre part, à ce que l'eau recueillie dès le début, renfermant encore des traces de chlore, ne laisse pas le bactérium-coli se développer immédiatement. Mais dès que l'antiseptique est absorbé par les parois, l'eau surtout après addition d'hyposulfite devient un excellent milieu de culture et permet la pullulation des microbes les plus variés. Dans des tonneaux mal placés et exposés au soleil, pourtant nettoyés auparavant et couverts. M. Tanon a noté des chiffres de 800.000 à 1.200.000 microbes : staphylocoques variés, streptococcus aquatilis, micrococcus candicans, viri-

dis, etc... et de très nombreuses bactéries putrides.

Il est vrai, qu'en général, les tonneaux servaient peu, et que, malgré le contrôle, l'eau en était peu souvent changée. Nous avons ainsi vu des récipients dont l'eau datait de deux jours, et qu'on ne remplissait pas sous prétexte que personne n'en buvait.

Ce fait était souvent exact, mais il faut reconnaître qu'il servait volontiers d'excuse, pour s'éviter la peine du nettoyage et du remplissage des tonneaux.

Voici à titre d'indication, quelques chiffres résultant d'analyses d'eau de tonneau, dans le secteur de la Ve armée.

B... Tonneau asphaltiné javellisé :

Pas de bactérium coli.

62.330 germes par centimètre cube dont le bacille putridus et liquéfaciens.

Matière organique 9 mgr. 80. nitrites 0 mgr. 2.

M. N. D... Tonneau non asphaltiné :

Pas de bactérium-coli.

400 germes au centimètre cube.

Matière organique 5 mgr. 20, nitrite 0 mgr. 8.

V... Tonneau non asphaltiné :

Pas de bactérium-coli.

3000 microbes et 300 moisissures.

Matière organique 8 mgr. 20.

X... Tonneau javellisé tous les trois jours :

Pas de bactérium-coli.

31.240 germes, dont le bacille putridus et liquéfaciens.

X... Tonneau javellisé mal tenu :

50 bactérium-coli.

8.200 germes dont le bacille putridus, liquéfaciens.

Eau du puits alimentant ce tonneau :

0 bactérium-coli.

890 germes.

X... Tonneau javellisé bien entretenu.

0 bactérium-coli.

1644 germes sans bacille putridus.

Eau de puits alimentant ce tonneau.

50 bactérium-coli.

720 germes.

C., V... Tonneau non asphaltiné.

0 bactérium-coli.

3.000.000 de germes.

Javellisation dans les cuves

Pour parer aux multiples inconvénients des tonneaux on a proposé dès 1916 l'emploi des cuves en ciment. Ces récipients, malgré qu'ils aient été au début, assez difficillement acceptés à cause de leur poids et de leur volume, ont paru les plus économiques et ont donné le plus de satisfaction. Leurs dimensions variaient suivant les agglomérations.

Dans les cantonnements de la zone des armées, on avait installé des cuves de 100 litres et dans les tranchées des cuves de 30 à 50 litres. Elles avaient la forme de parallélipipèdes rectangles avec des parois de 5 centimètres d'épaisseur ; les angles intérieurs étaient arrondis, et le fond incliné dans les

deux sens présentait un trou de vidange à son point le plus déclive. Un robinet placé à 3 centimètres de la partie inférieure permettait de s'approvisionner en eau. Un couvercle en tôle ou en bois protégeait l'eau contenue dans ces récipients contre les contaminations extérieures. Les cuves étaient toujours placées par paire dans des endroits autant que possible abrités, et la javellisation s'y opérait comme dans les tonneaux. Ce sont les petites cuves qui donnaient les meilleurs résultats au point de vue de la stérilisation de l'eau, car elles étaient vidées, au moment de l'usage, plus rapidement que les grandes ce qui obligeait à les remplir plus fréquemment.

Les brancardiers divisionnaires étaient chargés du nettoyage et du remplissage journalier de ces cuves.

Nous pouvons rappeler d'ailleurs qu'en 1917, M. Arbinet, à la caserne Augereau à Melun, avait fait installer des cuves cylindriques en ciment, d'une capacité de 400 à 1000 litres, avec comme fermeture un couvercle en tôle. En ayant soin d'opérer un nettoyage et un remplissage fréquents, ces cuves lui ont donné toute satisfaction.

Au point de vue de la quantité de chlore à ajouter à l'eau, il était indiqué de se faire donner la dose par le pharmacien toxicologue, et de javelliser de telle sorte qu'après une demi-heure l'eau n'ait conservé aucun goût, et ne donne plus de réaction avec la liqueur iodo-iodurée amidonnée. Si l'on javellisait avec une dose de chlore trop forte l'eau gardait une saveur de chlore qui rebutait les hommes ;

d'autre part sous l'action de la chaleur, le goût de chlore s'accentuait et les légumes préparés avec une telle eau devenaient peu mangeables.

En n'employant que la dose suffisante on pouvait se dispenser de la neutralisation par l'hyposulfite de soude, qui en général était toujours ajouté à l'eau en trop grande quantité, ce qui la rendait alcaline et la transformait en un milieu de culture favorable aux microbes.

Voitures du Touring-Club

Pour fournir régulièrement de l'eau aux troupes le Touring-Club eut l'idée en 1915, de doter chaque division d'une voiture spéciale qui suivrait tous les mouvements de la troupe et l'approvisionnerait en eau potable à chaque étape. Ces voitures n'étaient somme toute que des cuves mobiles. Chacune comprenait 2 réservoirs métalliques d'une capacité de 1.500 litres chacun. Une pompe amenait l'eau d'un puits quelconque dans ces réservoirs après l'avoir fait passer sur un clarificateur à éponges. Le chlore, comme l'hypochlorite était introduit par un orifice ménagé dans la partie supérieure des réservoirs et un agitateur à manivelle permettait le mélange intime de l'eau et de la solution stérilisante. Avec ces voitures on opérait de même qu'avec les cuves ; un réservoir contenait l'eau stérilisée tandis que dans l'autre était l'eau en cours de stérilisation.

Ces voitures qui faisaient partie des G. B. D. ont rendu de grands services, le gros reproche qu'on puisse leur faire c'est que leur poids ne leur permettait pas une grande mobilité. Elles étaient intransportables lorsqu'elles étaient pleines, elles nécessitaient une surveillance rigoureuse, un nettoyage fréquent du clarificateur. Le chassis sur lequel elles étaient montées était trop faible et une fois pleines, il fallait les étayer. Aussi les divisions les employaient-elles seulement aux bases, c'est-à-dire au cantonnement principal de repos, et elles ne se déplaçaient que lorsque la division changeait de secteur.

La surveillance et l'entretien en était confiée au pharmacien du G. B. D., et un infirmier devait leur être affecté régulièrement, il ne devait pas aux termes du règlement, avoir d'autre emploi. Il en résultait que quand cet infirmier était consciencieux et soigneux la voiture fonctionnait bien. Les analyses faites obligatoirement une fois par mois par le laboratoire d'armée ont toujours montré que l'eau ainsi traitée était bonne à boire, et nous avons vu certaines voitures dans des secteurs de Champagne débiter aussi jusqu'à 3000 litres par jour.

En revanche si la javellisation était mal faite et la voiture mal entretenue, les inconvénients étaient les memes qu'avec les cuves et les tonneaux, et le fait se produisait quelquefois. Dans ce cas l'analyse montrait que l'eau était plus suspecte après la javellisation qu'avant, fait en apparence paradoxal, mais qui s'expliquait par le mauvais état du carificateur et de

la voiture. Quelques résultats d'analyses fixeront les idées à ce sujet.

Voiture n°... Voiture en mauvais état, la peinture s'en va; les manivelles du mélangeur sont tordues; le manche de la pompe est cassé! La voiture est dans une cour de ferme à 2 mètres d'un tas de fumier

Eau après javellisation. Bactérium-coli au litre : 0.

Germes par centimètre cube. Incomptables, liquéfaction très rapide de la gélatine par le bacille liquefaciens putridus et thermo.

Voiture n° 2 mal entretenue. Eau après javellisation, bactérium-coli au litre : 0.

Germes au centimètre cube. Incomptables, liquéfaction très rapide de la gélatine.

Eau de la fontaine alimentant cette voiture : mêmes résultats que ci-dessus.

Voiture n° 66. Bien entrenue. Eau après javellisation bactérium-coli au litre : 0.

Germes par centimètre cube : 50.

Eeau de la fontaine alimentant cette voiture, bactérium-coli au litre : 10.

Germes au centimètre cube : 110.

Javellisation automatique

La javellisation dans les cuves, l'entretien de ces récipients en parfait état de propreté exigeait l'emploi d'une main-d'œuvre assez considérable et ne

permettait pas d'assurer un débit d'eau important et régulier, aussi a-t-on cherché de bonne heure, à réaliser un procédé automatique donnant une javellisation en synchronisme constant avec le débit de l'eau. Ce procédé devait être en outre facile à installer sur n'importe quelle prise d'eau, sans exiger de grosses dépenses; il offrait l'avantage d'une javellisation certaine, avec un minimm de surveillance et de personnel ; en outre grâce au brassage intime de l'hypochlorite et de l'eau on n'utilisait que de faibles doses de chlore.

Etudions quelques-uns des procédés qui ont été utilisés aux armées :

a) **Procédé d'Orticoni.** — Orticoni a montré que le meilleur procédé pratique d'installation est celui qui utilise les meilleurs moyens mécaniques de brassage ; il rapporte, à ce propos, l'expérience suivante :

Une émulsion de 2 centimètres cubes de culture de vingt-quatre heures de bactérium-coli, sur agar est mélangée à 80 litres d'eau : on attend une demi-heure pour permettre au bacille de se répandre uniformément dans l'eau; puis on ajoute 1 centimètre cube d'une solution d'hypochlorite de soude titré à raison de 72 grammes de chlore libre par litre. On fait opérer un brassage énergique de l'eau et on pratique la recherche du bactérium-coli de dix en dix minutes ; l'expérience est répétée en faisant varier la durée du temps de brassage :

Après	1 minute de brassage	disparition du col	en 60 m.
	5 —	—	30 —
	10 —	—	20 —
	15 —	—	15 —

Le système le plus parfait au point de vue du brassage est celui qui se sert de la pompe elle-même et qui introduit la solution d'hypochlorite dans le tuyau d'aspiration. Il offre l'avantage d'amalgamer en quelque sorte d'une façon parfaite les molécules d'eau brute avec celle de la solution stérilisante.

Ce procédé a été appliqué à l'usine de Daours, alimentant Villers-Bretonneau. En même temps que la pompe de l'usine aspirait l'eau dans un puisard, elle aspirait dans une bonbonne, par un tube de verre effilé, la quantité d'eau de javel nécessaire. Le calibre de l'effilure était calculé de façon à obtenir une épuration avec des doses variant de 0 mgr. 6 à 0 mgr. 8 de chlore par litre. Avec ces doses la disparition du bactérium-coli était obtenue en dix à quinze minutes ainsi que le montrent les expériences suivantes :

A 14 heures on arrête la javellisation et on fait des prèlèvements à la sortie de l'usine :

14 heures	pas de bactérium-coli	150 germes	au cm. c.
14 h. 5	10 coli au litre	600	—
14 h. 10	1.000 —	5.000	—
15 h. 15	7.000 —	72.000	—

A ce moment on reprend la javellisation comme précédemment :

14 h. 20	3.300 coli au litre	10.000	germes par cmc.
14 h. 25	100 —	1.200	—
14 h. 30	pas de coli	100	—

Des prélèvements faits à la sortie de l'usine pendant le fonctionnement de l'appareil à javelliser ont toujours permis de constater l'absence du bactérium coli et une diminution notable du nombre des germes, ainsi que le rapporte Orticoni dans le tableau ci-dessous :

DATE du prélèvement	AVANT JAVELLISATION		APRÈS JAVELLISATION	
	Coli au lit	Germes par c.c.	Coli au lit	Germes par c.c.
24 octobre 1916.....	1.000	1.600	0	75
1er novembre 1916.	300	—	0	—
10 novembre 1916..	1.000	3.150	0	38
15 novembre 1916..	1.000	1.050	0	55
30 novembre 1916..	1.000	8.582	0	62
11 décembre 1916..	4.000	7.100	0	500
26 décembre 1916..	1.000	4.900	0	—
29 décembre 1916..	4 000	8.915	0	300
30 décembre 1916..	1.000	4.250	0	125
8 janvier 1917.....	1.000	1.320	0	50
9 janvier 1917.....	20.000	5.350	0	1.000
10 janvier 1917.....	20.000	2.650	0	75

b) **Procédé Vila.** — L'appareil de Vila règle l'arrivée de l'hypochlorite en synchronisme avec le débit de l'eau. Le principe du dispositif consiste à brancher sur la canalisation de refoulement au niveau du réservoir, un appareil aspirateur du genre des trompes à faire le vide. Dès qu'un afflux d'eau se présente dans la trompe, il se produit une dépression

qui aspire et permet l'écoulement de l'eau de Javel, provenant d'un tonnelet placé extérieurement à la cuve, à peu près à la même hauteur. L'aspiration et l'écoulement cessent avec le débit de l'eau dans la canalisation, car la trompe ne fonctionne que sous la charge uniquement fournie par l'eau que la pompe refoule dans la cuve. L'aspiration débouche au centre d'une caisse compartimentée recevant à sa partie supérieure l'eau refoulée, le jet d'eau avant de pénétrer dans le mélangeur rencontre la petite veine javellisée s'échappant de la trompe, un mélange très intime se produit dans le compartiment à chicane. Ce procédé a été très employé aux armées dans les postes de changement d'eau à débit intermittent, il présentait l'avantage de ne pouvoir laisser couler un excès d'hypochlorite de soude. De même que dans le procédé d'Oticoni, avec l'appareil Vila, la disparition du bactérium-coli a été obtenue avec des doses de chlore de o millig. 6 à o millig. 8.

c) **Appareil de Piault.** — Il est basé sur le réglage automatique des robinets par flotteur ; il permet le réglage de l'écoulement de la solution d'hypochlorite en proportion directe avec le débit de l'eau. Le robinet du récipient d'eau de Javel et le tube effilé, sont reliés par un tube de caoutchouc pouvant être aplati par la pression d'un lévier articulé en liaison avec un flotteur en bois. Le flotteur nage dans un bassin sur lequel, les variations de niveau de l'eau entraînent son ascension ou sa chute. Ce bassin situé à l'intérieur du mélangeur est cons-

titué par la première chicane dont le bord libre présente une planchette servant de bordure et dans laquelle sont percées un certain nombre d'orifices.

Lorsque la moto-pompe est mise en marche, une certaine quantité d'eau est maintenue dans l'étage supérieur de la caisse mélangeur, le flotteur reste élevé, le tube de caoutchouc restant libre, le liquide stérilisant s'écoule. Si l'arrivée de l'eau est interrompue, toute celle contenue dans le bassin s'écoule par les orifices du rebord supérieur de la première chicane ; le flotteur descend, entraînant le levier dans sa chute et l'écoulement de l'hypochlorite s'arrête.

Cet appareil est un des plus simples ; sa construction est facile et son installation rapide.

d) **Appareil de Bunau-Varilla.**— Cet appareil, encore appelé auto-javelliseur comprend les parties suivantes :

Un tuyau de caoutchouc réunit le tuyau d'aspiration de la moto-pompe à un appareil dit « bifurcateur » où l'aspiration se bifurque suivant deux lignes. L'une aboutit à un barillet formant vase de Mariotte, l'autre aboutit dans un réservoir à air libre, dans lequel se déverse un tuyau branché sur le refoulement. Le tube de succion, dans le barillet, comprend dans une de ses parties une effilure qui limite le débit à quelques litres à l'heure. Le tube de succion dans le réservoir assure le désamorçage immédiat si, la pompe arrêtée, le tuyau d'aspiration tend à se

vider par le bas, soit par suite de l'absence de clapet de pied, soit parce que celui-ci perd.

Enfin si le moto-pompiste oublie de remplir son barillet si celui-ci arrive à se vider, la pompe aspirera de l'air par ce tube ; elle cessera de pomper si c'est une pompe centrifuge et pompera avec un débit réduit si c'est une pompe à piston ; dans ces deux cas il se produira un trouble qui avertira le moto-pompiste.

L'auto-javelliseur constitue un véritable enclanchement hydraulique entre la pompe et le réservoir de la solution javellisée. L'appareil est d'une extrême simplicité et ne comprend aucun robinet, ni organe mécanique sujet à l'usure ou à la corrosion. Cet appareil qui était généralisé aux points d'eau de la IIe armée, donnait toute satisfaction pour la stérilisation de l'eau à la dose faible de 0 millg. 10 de chlore libre par litre.

d) **Javellisation d'une conduite.** — Au printemps de 1915 à la suite de quelques cas de fièvre typhoïde, M. Grossheintz a réalisé une installation permettant de javelliser la conduite d'eau alimentant la ville de Thann. L'appareil à javelliser consiste en une petite pompe dont le piston est accouplé à celui de la grande pompe élévatoire, de sorte qu'un coup de piston de cette dernière, entraîne un coup de piston de la petite pompe. Le refoulement de la petite pompe injecte l'hypochlorite de chaux au sortir des soupapes de refoulement de la pompe éléva-

toire, ce qui produit un brassage intime de l'eau et de l'hypochlorite.

On javellise dans la proportion d'une goutte de chlore, une de chaux par litre d'eau ; la consommation journalière de la ville étant d'environ 1.000 mètres cubes, la dépense d'hypochlorite est de 50 litres.

e) **Javellisation à la source.** — La plupart de ces procédés exigeaient néanmoins une installation assez dispendieuse et assez volumineuse. Le bâti de l'appareil Vila ne mesurait pas moins de 3 mètres de haut et il demandait l'installation d'une motopompe. Aussi, conseilla-t-on aux armées, chaque fois que cela se pouvait de faire la javellisation à la source.

Ces installations étaient peu conteuses, elles exigeaient seulement la construction de deux bassins en ciment, établis à la captation même. Ceux que nous avons vus en Champagne, et particulièrement à Bouvancourt, entre Reims et Fismes, fonctionnaient régulièrement et donnaient une eau absolument exempte de bactérium-coli et d'espèces pathogènes.

La captation même se composait d'une cuve de 2 mètres cubes en ciment, dans laquelle arrivait la source. Elle était protégée par un toit en bois recouvert de zinc percé d'un trou. Par ce dernier passait l'effilure d'une pissette, rattachée par un tube de caoutchouc, à un tonnelet contenant la solution d'hypochlorite, à un taux indiqué par le laboratoire d'armée et déterminé d'après l'analyse chimique ;

le liquide stérilisant tombait ainsi dans la cuve et le débit en était réglé par une pince serrant le tube de caoutchouc.

A la suite de cette cuve s'en trouvait une seconde de mêmes dimensions ; dans laquelle l'eau, avant de s'écouler, tombait par un trop plein ; c'était là qu'on pouvait faire le puisage, ou de là que partait une canalisation, alimentant un poste de prise d'eau. Un homme était chargé de la surveillance et du remplissage du tonnelet d'hypochlorite.

Ces différents systèmes de javellisation automatique constituaient un très grand progrès sur la javellisation dans les cuves, il n'est donc pas étonnant qu'ils aient été rendus obligatoires aux armées. Le service des eaux était chargé du choix des sources et de leur installation aux points prévus, et les laboratoires d'armées s'occupaient du contrôle qui devait s'effectuer, au moins deux fois par mois. Les résultats ont toujours été excellents, l'eau ainsi traitée était exempte de germes pathogènes, et la protection des sources contre les contaminations extérieures permettait de javelliser à moins d'un milligramme de chlore libre par litre.

Les procédés automatiques présentaient toutefois quelques inconvénients ; il fallait que l'obturation des joints et de la trompe soit parfaite, que la motopompe fonctionne régulièrement ; les coups de bélier cassant quelquefois la trompe. La gelée empêchait le fonctionnement des appareils automatiques, mal-

gré les systèmes les plus ingénieux de protection contre le froid.

Cependant malgré cela, le rendement des postes de javellisation automatique était excellent, l'eau traitée ne gardait aucun goût et les troupes qui venaient s'approvisionner à ces postes ignoraient qu'elles consommaient de l'eau javellisée ; cette méthode était en outre capable d'assurer un gros débit, et dans la Ve armée le poste de X... près de Reims, débitait journellement de 300.000 à 600.000 litres.

La chloration

En Amérique on a donné le nom de chloration à une méthode qui utilise le chlore liquide pour la stérilisation de l'eau. C'est en 1912 qu'elle fut proposée, elle donna d'assez bons résultats pour s'imposer et en 1918, 2.500 installations fonctionnaient aux Etats-Unis.

De nombreux appareils ont été inventés ; ils emploient tous le chlore liquide, provenant de cylindres en acier, analogues à ceux utilisés pour les gaz comprimés ou liquéfiés. Ces appareils sont automatiques et le débit du chlore est réglé par celui de l'eau.

Dans la pratique de la chloration, on a proposé d'employer de fortes doses de chlore et de détruire ensuite l'excès de chlore par l'anhydride sulfureux

gazeux. Ce procédé est surtout applicable aux eaux très polluées qui exigent de fortes doses de chlore.

La chloration nécessite l'emploi d'appareils et l'installation de constructions coûteuses, aussi ne pouvait-on l'employer en grand aux armées. Pour obvier à ces inconvénients, on a imaginé une voiture à chloration qui en 1918 fut en service dans les armées anglaises, belges et américaines. L'appareillage était installé sur des camions de 3 tonnes, pouvant traiter 3.450 litres à l'heure ; il comprenait une pompe rotative, actionnée par un moteur indépendant de celui de la voiture ; l'eau aspirée par la pompe traversait un filtre à sable et arrivait au contact de l'appareil diffuseur à chlore. L'eau chlorée passait ensuite dans un réservoir où elle séjournait le temps nécessaire à son épuration, après quoi elle était déchlorée par un appareil à anhydride sulfureux, puis envoyée, par des tuyaux à des réservoirs où l'on viendrait la prendre pour la consommation.

Rienle attribue à l'extension de la chloration, la diminution des cas de fièvre typhoïde. Actuellement, par exemple, la ville de Chicago traite ses eaux d'alimentation par le chlore liquide ; elle les tire du lac Michigan et consomme de 638 à 740 millions de gallons par jour. L'analyse des eaux non traitées donne un bactérium-coli par centimètre cube dans 1,8 o/o des échantillons recueillis, après traitement, on n'en retrouve plus que 0,09 o/o, et parallèlement les morts par fièvre typhoïde ont diminué de 71,44 o/o.

Si l'on prend un chiffre global, on voit qu'en 1907 aux Etats-Unis, pour 41.780.000 habitants, il y a 33.3 décès par fièvre typhoïde pour 100.000 habitants, alors qu'en 1917, depuis que la chloration a été installée dans beaucoup de villes, la mortalité par fièvre typhoïde est tombée à 12.3 pour 100.000 habitants.

Les nombreuses analyses bactériologiques faites en Amérique, et rapportées dans l'article de Bartow et Legendre démontrent l'efficacité de la chloration : Potts et Tiernan ne trouvent plus de bactérium-coli dans l'eau de Bound-Brook traitée par le chlore liquide à la dose de 0,12 pour un million. Wagner observe pour l'eau de Buffalo, que la chloration à moins de 0,36 pour un million réduit le nombre des germes entre 5 et 56 par centimètre cube. Saville trouve dans l'eau brute de Hartford 3.900 germes par centimètre cube et du bactérium-coli, la chloration à 0,95 par million fait disparaître ce dernier microbe et 98,8 o/o des germes. Sherman compte dans l'eau de Wakefield de 30 à 1.400 germes avant et de 1 à 56 après chloration.

Dans le but de contrôler l'efficacité de la chloration et de juger de son utilisation possible dans l'armée française, un appareil à chlore du type Dual gaz system fut installé au laboratoire de physiologie du Muséum d'histoire naturelle de Paris en décembre 1917. L'eau traitée était de l'eau de Seine non filtrée. L'appareil est ainsi constitué : le diffuseur à chlore plonge dans le tuyau d'arrivée de l'eau, qui

passe ensuite dans trois réservoirs placés en cascade :

Les deux premiers sont des tonneaux de 500 litres, le troisième une cuve de bois de 700 litres ; dans chacun d'eux le tuyau d'arrivée plonge jusqu'au bas, et la sortie se fait par un trop plein placé à la partie supérieure. Le débit de l'eau est de 3 à 4 mètres cubes à l'heure ; la durée du contact est d'environ une demi-heure. L'eau sort du troisième réservoir par un dernier déversoir qui la conduit dans un tube de sortie où se trouve un diffuseur à anhydride sulfureux identique à celui à chlore.

La quantité de chlore ajoutée varie selon la turbidité de l'eau, elle est toujours en excès et l'eau du dernier réservoir possède constamment un faible goût et même parfois une faible odeur de chlore. Le chlore en excès est détruit dans le diffuseur à anhydride sulfureux et il sort de celui-ci une eau rigoureusement inodore.

Du 15 décembre 1917 au 4 février 1918, on a observé journellement sur l'installation le débit de l'eau, du chlore et de l'anhydride sulfureux. Le débit de l'eau s'est sensiblement maintenu constant à 3 mc. 5 par heure. Le débit du chlore de 5 millionièmes jusqu'au 31 décembre a été alors réduit à 4, puis à 3 le 5 janvier ; l'eau devenant de plus en plus trouble, on l'a reportée à 5 le 15, puis à 7 le 17, pour ne la ramener à 5 que le 1er février.

Pour contrôler l'épuration une série d'analyses bactériologiques furent faites, ainsi que le montre le tableau suivant :

DATES	Cl. en millionièmes	SO^2 en millionièmes	EAU DE SEINE avant traitement		EAU A LA SORTIE du diffuseur à cl.		EAU APRÈS 30' de contact		EAU A LA SORTIE du diffuseur à SO^2	
			Germes au c.c.	coli b. au litre	Germes au c.c.	coli b. au litre	Germes au c.c.	coli au litre	Germes au c. c.	coli au litre
Déc. 19.....	5	3.2	—	20.000	—	0	—	0	—	0
Janv. 9.....	3	3	29.000	1.000	340	0	125	0	140	0
— 13.....	3	3	41.700	20.000	1.600	100	1.200	0	1.300	100
— 14.....	3	3	Incomptab.	20.000	2.000	100	2.000	1.000	2.200	100
— 15.....	5	3.2	Incomptab.	26.000	630	100	850	100	660	100
— 16.....	5	3.2	id.	20.000	1.300	1.000	740	100	1.600	1.000
— 18.....	7	4	id.	20 000	1.250	100	870	0	1.300	0
Fév. 11.....	5	3	id.	20.000	360	100	120	0	120	0

Ces analyses ont été faites pendant la crue de la Seine, sur des eaux non filtrées et constamment troubles. La stérilisation ne devient insuffisante même avec de fortes doses de chlore que lorsque l'eau est trop trouble et trop chargée de matières organiques de toutes sortes, dans ce cas d'ailleurs aucun autre moyen chimique ne serait efficace.

Le chlore liquide présente certains avantages sur les hypochlorites, il est plus commode à employer et il en faut une quantité moindre pour traiter l'eau. Les appareils qui l'utilisent sont toujours d'un volume réduit, et enfin le chlore liquide se dissout sans apporter à l'eau de substance étrangère, tandis que les hypochlorites renferment toujours une forte proportion de sels et de chaux. Mais d'autre part, le prix de revient de la stérilisation par le chlore est plus élevé que par l'hypochlorite, et le chlore exige l'emploi de cylindres métalliques, dont la moindre fuite peut être cause d'accidents.

La Javellisation et la chloration ne sauraient évidemment prétendre à la stérilisation absolue des eaux ; mais elles doivent au moins ne laisser subsister qu'un nombre réduit de germes et aucune des espèces pathogènes reconnues. Le bactérium-coli est généralement accepté comme témoin de ces épreuves pathogènes et on est en droit d'exiger que les eaux traitées en soient dépourvues.

Dans le rapport de M. Rœmlinger résultant de nombreuses analyses bactériologiques effectuées sur

des eaux renfermant de 100.000 à 200.000 germes par centimètre cube et de 1.000 à 5.000 coli-bacilles par litre, on avait différencié avant l'épuration des espèces variées :

Micrococcus caudicus, candidans, prodigiosus staphylococcus albus, aureus, citreus.

Bacillus mesentericus, subtilis, mégaterium, mycoïdes concentricus, luteus, violaceus, flavus, liquefaciens, floresceus, putridus, bacterium termo des sarcines, des levures et de nombreuses moisissures.

Après javellisation les espèces résistantes ont toujours été reconnues inoffensives ; seules des moisissures et quelques espèces microbiennes sporulées : bacillus subtilis, bacillus mésentéricus furent identifiées. La diminution des germes a toujours été variant de 95 à 99 o/o.

Les moisissures semblent en effet échapper en partie à l'action du chlore, si celle-ci n'est pas assez prolongée dans les examens qui nous ont été communiqués on a toujours trouvé sur les milieux maltosés, que le penicillium glaucum, le penicillium album, le sterigmatocystis nigra et quelques mucorinées banales n'avaient pas été détruites, sans doute à cause de la résistance de leur enveloppe cellulosique. Leur présence est d'ailleurs négligeable.

CONCLUSIONS

1° L'eau traitée par le chlore liquide ou l'hypochlorite de soude répond parfaitement au critérium exigé d'une eau bien épurée : disparition du bactérium-coli, abaissement en général considérable et toujours très sensible des espèces saprophytes, stérilisation suffisante dans un temps très court, absence complète de chlore libre après traitement, enfin potabilité parfaite.

2° Au point de vue des armées en campagne ou des petites agglomérations, les procédés de stérilisation de l'eau que l'expérience de la guerre permet de recommander sont en dehors de l'ébullition.

Le traitement par l'iode hyposulfite, ou par le permanganate réduit par le vin ou le thé, et la javellisation.

3 Parmi les procédés chimiques la javellisation donne la meilleure garantie.

La javellisation dans les tonneaux est à délaisser comme donnant des résultats incomplets, même dans les tonneaux enduits d'une subtance protectrice.

La javellisation dans les cuves est meilleure, mais

à condition de vider chaque jour la cuve, de la nettoyer au moins une fois par semaine, et de n'employer que la quantité de chlore indiquée par la recherche de la réaction iodo-amidonnée, au bout d'une demi-heure de contact entre l'eau et l'hypochlorite.

L'addition d'hyposulfite pour neutraliser le chlore n'offre pas d'avantage, et ne permet pas de conserver l'eau stérile aussi longtemps.

La javellisation automatique est le procédé de choix ; que l'on emploie l'installation Vila, les procédés de Piault, de Bunau-Varilla ou mieux encore la javellisation à la source qui exige un matériel beaucoup moins encombrant. Pour les grandes agglomérations on pourra utiliser cette javellisation automatique, ou la chloration bien que celle-ci soit plus dispendieuse.

4° L'hygiène coloniale qui ressemble en bien des points à celle des troupes en campagne, pourrait en maintes circonstances bénéficier des résultats acquis pendant la dernière guerre. Aux colonies les causes de contamination des eaux sont multiples, et les procédés de stérilisation les plus pratiques paraissent être l'épuration chimique par l'iode, la javellisation à la source, ou à la rigueur dans les cuves, si l'on est sûr de pouvoir exercer une surveillance active.

5° La plupart de ces procédés peuvent être recommandés dès maintenant soit pour l'hygiène de la table (procédé à l'iode); soit pour les petites agglomérations (procédé des cuves), soit pour de plus grandes

populations(javellisation automatique ou à la source). Ils représentent des moyens plus pratiques et plus sains que l'ébullition et nous avons cru utile de rappeler ceux que la guerre avait fait adopter avec d'excellents résultats.

Le Président de la thèse,
BESNARD

Le Doyen,
ROGER

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
L. POINCARÉ

BIBLIOGRAPHIE

Arbinet. — La javellisation des eaux en campagne (Revue d'hygiène et de police sanitaire, février 1917).

Bartow et Legendre. — La chloration (Revue d'hygiène et police sanitaire, janvier 1918).

Bourdinière. — Les installations d'eau potable au front (Revue d'hygiène et police sanitaire, août 1918).

Bonjean. — Emploi des eaux de Javel dans la stérilisation des eaux (Revue d'hygiène et de police sanitaire, juin 1915).

Cayrel-Massy Piault et Vila. — Contribution à l'étude des procédés de javellisation des eaux (Annales d'hygiène et de médecine légale, mars 1917).

Comte. — Stérilisation par javellisation des eaux potables destinées aux troupes (Annales d'hygiène publique et de médecine légale, janvier 1917).

Colmet d'Aage. — Les voitures d'eau potable (Annales d'hygiène publique et de médecine légale, janvier 1916).

Cathoire et Bru. — Etude sur la javellisation des eaux de boisson en campagne (Revue d'hygiène et de police sanitaire, août 1916).

Courmont. — Précis de bactériologie.

Dienert. — Stérilisation des eaux par l'ozone, les rayons ultra-violets et la javellisation (Compte rendu du XVe Congrès international d'hygiène et démographie, 1912).

— Nouveaux perfectionnements dans la javellisation des eaux (Technique sanitaire et municipale, fév. 1917).

Doisy. — L'alimentation en eau potable dans les régions envahies (Revue d'hygiène et de police sanitaire, novembre 1916).

Dopter. — Epuration des eaux en campagne (Annales d'hygiène et de médecine légale, novembre 1914).

Dopter et Rouquette. — Epuration des eaux d'alimentation publique par les composés oxichlorés (Paris médical, août 1912).

Giraud. — Thèse de Lyon, 1919.

Grossheintz. — Pour javelliser une conduite d'eau (Revue d'hygiène et police sanitaire, février 1916).

Jobert. — Traité des eaux.

Hermann. — Thèse de Paris, 1916.

Martel. — La guerre et l'eau potable (Revue d'hygiène et de police sanitaire, avril 1915).

Macé. — Bactériologie.

Orticoni. — Dispositif pour javellisation continue à gros débit (Revue d'hygiène et de police sanitaire, décembre 1916).

Orticoni et Nepveux. — De l'influence des moyens mécaniques de brassage sur la javellisation des eaux de boisson (Revue d'hyg. et de pol. san., mars 1917).

Rienle. — Progrès de la chloration et ses effets sur la fièvre typhoïde (Revue d'hygiène et de police sanitaire, novembre 1919).

Rieux. — La javellisation aux armées pendant la guerre (Bulletin de l'Académie de médecine, 10 juin 1919).

Trillat. — Procédé colorimétrique utilisé par les Romains pour caractériser les eaux douces (Compt. rend. de l'Acad. des sciences, mars 1916).

Vila. — L'eau potable au front (Revue d'hygiène et de police sanitaire, 1917).

Vergnoux. — Stérilisation rapide de l'eau par les troupes en campagne (Revue d'hygiène et de police sanitaire, juin 1915).

Vincent. — Sur la signification du « bacillus-coli » dans les eaux potables (Annales de l'Institut Pasteur, 1905).

Imp. de la Lib. A. MALOINE & FILS, 27, rue de l'Ecole-de-Médecine, Paris. — 4500-20

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

Tuberculisation des Luxations

Congénitales de la Hanche